Aus dem Zahnärztl. Institut der Martin Luther-Universität Halle-Wittenberg
Direktor: Prof. Dr. H. Heinroth

Vergleichende Untersuchungen an Gold-, Silber- und Kupferamalgamen

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Martin Luther-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Eberhard Eichler

Zahnarzt

aus Guben

1935

Merseburger Druck- und Verlagsanstalt GmbH

Referent: Professor Dr. H. Heinroth
Korreferent: Professor Dr. Kochmann

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Seit Einführung der Amalgame in die Zahnheilkunde um die Mitte des vorigen Jahrhunderts hat es nicht an Versuchen gefehlt, die Güte und Brauchbarkeit dieses plastischen Füllmaterials zu ermitteln. Vor allem waren es Versuche, die sich auf Mund- und Volumenbeständigkeit erstreckten, ausgehend von der wichtigen Erkenntnis, daß diese die Hauptforderung an ein Füllmaterial darstellen. So versuchte man zum Beispiel die Korrosion quantitativ durch Einlegen von Amalgamkügelchen in Speichel und längerem Verweilen darin zu erfassen. Die Volumenbeständigkeit wollte man dadurch messen, daß man in Elfenbein gelegte Amalgamfüllungen mikroskopisch beobachtete, ferner dadurch, daß man Glasröhrchen zum Teil mit Amalgam anfüllte, darüber Eosinflüssigkeit goß, um bei nun eventuell eintretender Kontraktion eine Diffusion des Farbstoffs festzustellen.

Die Methodik hat sich mit zunehmender Erkenntnis soweit verfeinert, daß alle die Fehlerquellen, die die Ergebnisse dieser Versuche stark beeinträchtigt haben, auf erträgliche Maße reduziert und durch übereinstimmende Versuchsanordnungen Vergleichswerte geschaffen worden sind.

Es ist aber ein Irrtum, anzunehmen, daß der Kampf um den Wert der Amalgame nun beendet sei. Erst in jüngster Zeit haben wir erlebt, daß Stocks alarmierende Nachrichten über die Gesundheitsschädigung durch quecksilberhaltige Füllungen nicht allein in die zahnärztlich interessierte Welt, sondern auch in Laienkreise erhebliche Unruhe brachten. In einer Reihe von Arbeiten wies er auf die Giftigkeit des Quecksilbers in Amalgamen hin und forderte, alles Quecksilber enthaltende Füllmaterial auszuschalten. Diese Mitteilungen ließen natürlich aufhorchen und veranlaßten, daß auch von anderer Seite Unter-

suchungen angestellt wurden, durch die die Behauptungen Stocks erheblich eingeschränkt wurden. Er führte in den Ausscheidungen enthaltene Quecksilbermengen auf im Munde anwesende Amalgamfüllungen zurück und hielt sie daher für gesundheitsschädlich. Doch fand Borinski, daß sich normalerweise stets Quecksilber in den Ausscheidungen befindet, da fast alle unsere Nahrungsmittel Spuren von Quecksilber enthalten. Durch seine Untersuchungen stellte er in den Ausscheidungen bei Personen, die nie mit Quecksilber in Berührung gekommen waren, dieselbe Quecksilbermenge fest, wie bei denen, die schon längere Zeit Amalgamfüllungen trugen. So kam man zu der Folgerung, daß die Amalgame bedenkenlos zu Füllungen verarbeitet werden können, ausgenommen das Kupferamalgam, dem eine gewisse Giftigkeit nicht abgesprochen werden kann. Schoenbeck meint darüber: „Das Kupferamalgam enthält stets freies Quecksilber und bietet zweifellos eine Gefahrenquelle. Die an Kupferamalgam ausgeführten Untersuchungen über Quecksilberdampfabspaltung haben zu der Erkenntnis geführt, daß das Kupferamalgam als Füllungsmaterial auszuschalten ist".

Was fordern wir nun unter Berücksichtigung des obersten Grundsatzes „nihil nocere" von einem Füllmaterial, und inwieweit werden die verarbeiteten Stoffe diesen Forderungen gerecht?

Verlangt wird vom Material, daß es mund- und farbbeständig ist, also korrosionsfrei bleibt, daß es Volumenbeständigkeit und genügende Härte besitzt, und daß es leicht verarbeitbar ist. Nach einer neueren Arbeit von Brauer versteht man unter „Korrosion eine ungewollte Oberflächenerscheinung, die primär darauf beruht, daß Metalle oder Legierungen ganz oder teilweise oder ihre Bestandteile durch Berührung mit einem Elektrolyten aufgelöst werden". Der Speichel stellt mit dem ewigen Wechsel in seiner Zusammensetzung, die außerdem stark durch pathologische Prozesse in der Mundhöhle und Einnahme süßer oder saurer Speisen beeinflußt wird, einen ausgezeichneten Elektrolyten dar, der bei inhomogenem Aufbau des Amalgams selbst oder bei Anwesenheit verschiedener Metalle stark korro-

dierende Tätigkeit entfaltet. Die eingetretene Korrosion zeigt sich in der Verfärbung und in lochartigen Anfressungen des Materials. Um die Angriffsfläche durch Bildung von homogenen Mischkristallen möglichst gering zu gestalten, ist es wichtig, gut zu legieren, was bei Hinzufügen der richtig dosierten Quecksilbermenge dadurch zu erreichen ist, daß man Feilung und Quecksilber innig und lange genug verreibt. Zu bedenken ist, daß beispielsweise beim Edelamalgam ein Zuviel an Quecksilber die Legierung dahingehend verändert, daß zinnreiches Quecksilber ausgepreßt und die verbleibenden, veränderten Mengen Härte und Volumenbeständigkeit der Legierung herabsetzen.

Über die Härte läßt sich jetzt schon sagen, daß sie — wie im praktischen Teil dieser Arbeit noch näher ausgeführt werden wird — bei Gold- und Silberamalgam in jedem Falle der Beanspruchung durch den Kaudruck Stand hält. Beim Kupferamalgam spielen neben den mechanischen Abscheuerungsprozessen Korrosionsvorgänge eine wesentliche Rolle, die uns die Füllungen ausgewaschen erscheinen lassen.

Es ist eine jedem Praktiker bekannte Tatsache, daß die von ihm gelegte Füllung, wenn er sie nach längerer Zeit wieder zu Gesicht bekommt, nicht mehr das Aussehen aufweist, das sie kurz nach ihrer Fertigstellung hatte. Von den Verfärbungen abgesehen imponieren klinisch hauptsächlich „Quellen" oder „Auswaschen" der Füllung. Diese Volumenschwankungen sind uns ein Zeichen dafür, daß die Legierung noch nicht zur Ruhe gekommen ist. Wir müssen uns darüber klar sein, daß ein Amalgam keine Legierung in metallographischem Sinne gemeinhin ist, betrachten wir die Komponenten und ihre Schmelzpunkte. Über die innere Struktur der Amalgame sagt Schoenbeck folgendes: „Das Silber-Zinn-Zustandsdiagramm, welches von Petrenko aufgestellt und von Murphi erweitert worden ist, läßt erkennen, daß bei einem Gehalt von etwa 73% Silber eine chemische Verbindung Ag_3Sn auftritt. Bei 3% Silber besteht das Eutektikum, das also aus der chemischen Verbindung Ag_3Sn und Zinn sich zusammensetzt. Zwischen diesem Eutektikum

und der Konzentration, die der chemischen Verbindung entspricht, wird also neben Letzterer das Eutektikum in der Legierung vorhanden sein. Die in der zahnärztlichen Praxis zur Herstellung der Silberamalgame verwendeten Silber-Zinnlegierungen fallen in dieses Gebiet, mit anderen Worten, sie bestehen also aus Ag_3Sn und Zinn". . . . . „Die in der Zahnheilkunde meist gebräuchlichen Silber-Zinnlegierungen bewegen sich zwischen 45 und 67% Silber. Durch Vermischen mit Quecksilber wird das Amalgam hergestellt und es ist ohne weiteres einleuchtend, daß es für die Güte des Amalgams nicht gleichgültig sein kann, welcher Silbergehalt zum Aufbau gewählt wird und wieviel Quecksilber der Legierung zugefügt wird.

Wie wird nun die Reaktion der chemischen Verbindung Ag_3Sn und des Zinns mit Quecksilber vor sich gehen? Das Quecksilber greift zunächst das Eutektikum an und bildet mit dem Zinn den Zinn-Quecksilbermischkristall. Auch die chemische Verbindung Ag_3Sn wird durch das Quecksilber gespalten. Es bildet sich die chemische Verbindung Ag_3Hg_4, und das hierbei freiwerdende Zinn geht gleichfalls mit Quecksilber Vereinigung zu Mischkristallen von der Zusammensetzung 8 Sn + 1 Hg ein. In der erstarrten Amalgamlösung werden demnach vorhanden sein, aus dem Überschuß restierendes Ag_3Sn, ferner die chemische Verbindung Ag_3Hg_4 und schließlich der Zinn-Quecksilbermischkristall".

Man könnte annehmen, daß bei dem Hinzufügen des Quecksilbers die Reaktionen schnell genug eintreten. Die Beobachtung aber lehrt, daß es oft mehrere Wochen dauert, bis die Legierung völlig zur Ruhe gekommen ist.

Wieweit sind die Bemühungen um die Verbesserung des Amalgams von Erfolg gewesen? Trotz Anfeindungen und der Bestrebungen, die Amalgame durch andere Materialien zu ersetzen, haben sie bis heute einen führenden Platz in der konservierenden Zahnheilkunde inne. Aufgabe dieser Arbeit soll es sein, festzustellen, ob dem Praktiker heute in diesem Material ein Mittel gegeben ist, das den oben aufgestellten Forderungen an Mund- und Farbbeständigkeit, Volumenbeständigkeit und Härte gerecht wird. Ermittelt wurde dies dadurch, daß nach Vorschrift behandelte Gold-, Silber- und Kupferamalgame in optimaler Dosierung bezüglich ihrer Korrosion und Volumenbeständigkeit untersucht und in wechselseitige Beziehung gebracht wurden. Um das Bild abzurunden, wurde auch ein quecksilberfreies Material, das Wigametall, eine Legierung aus Zinn, Wismut und Gallium, mit in den Kreis der Untersuchung einbezogen.

Die mit den Amalgamen und dem Wigametall, das, mit Hilfe eines erwärmten Stopfers zum Schmelzfluß gebracht, als Füllung verwendet werden kann, angestellten Untersuchungen zerfallen im wesentlichen in die, welche der Ermittlung der Korrosion dienten, und in die, welche sich auf Erfassung der Volumenschwankung erstreckten. Dabei dehnte sich die Beobachtung der Korrosion auf einen Monat, die der Volumenbeständigkeit auf die Dauer von 2 Monaten aus.

Die Korrosionsversuche wurden in folgender Weise ausgeführt: Zur Herstellung der zur Untersuchung gelangten Amalgamblöcke von der durchschnittlichen Größe $14 \times 7 \times 1$ mm diente eine Stahlform, die aus 2 gegeneinander verschieblichen Teilen bestand, deren einer das Negativ der herzustellenden

Blöcke in den oben angeführten Maßen aufwies. In diese Form wurde auf die übliche Weise mit größter Sorgfalt das Amalgam gestopft, bis zur Erhärtung 3 Stunden darin belassen und dann dank der Verschieblichkeit der beiden Teile des Apparates bequem entfernt. Um bei der Anfertigung der vielen Versuchsobjekte stets gleiche Vorbedingungen zu haben, wurde für Gold- und Silberamalgam unter Berücksichtigung des von der Herstellerfirma angegebenen optimalen Mischungsverhältnisses von Feilung zu Quecksilber ein Dosierapparat verwendet und das Amalgam jedesmal 3 Minuten lang unter starkem Druck im Mörser angerührt. Durch diese Arbeitsmethode war es in jedem Falle möglich, unter ganz gleichen Voraussetzungen ein homogen erscheinendes, porenfreies Objekt zu gewinnen. Besondere Beachtung wurde bei Herstellung der Probestücke dem Wigametall geschenkt, da es einige Schwierigkeiten bot, ein Werkstück von so verhältnismäßig großen Ausmaßen in der erforderlichen gleichmäßigen Struktur ohne „Lunkerbildung" zu erhalten.

Nachdem auf diese Weise die Untersuchungsobjekte gewonnen waren, wurden sie auf genaue Maße gefeilt, beschliffen und auf Hochglanz poliert. Dann wurden sie bis auf $^1/_{10}$ mm genau ausgemessen und so ihre Oberfläche bestimmt, auf die später zur Ermittlung der Korrosionswerte Bezug genommen werden wird. Die Silber- und Goldamalgamblöcke ließen sich gleich gut bearbeiten. Sie zeigten sich dem Kupferamalgam an Härte überlegen, dagegen besaß letztes eine ausgezeichnete Polierfähigkeit. Größere Schwierigkeiten bei der Bearbeitung ergaben die Probestücke von Wiga, deren Ränder beim Beschleifen leicht ausbrachen. Auch das Polieren bereitete Mühe, jedoch erzielte man schließlich einen schönen, spiegelnden Hochglanz. Die Probestücke aus Gold, die für die Kontaktversuche in Verwendung kamen, wurden aus Goldblech hergestellt und erhielten eine durchschnittliche Größe von $15 \times 7 \times 2.5$ mm. Auch sie wurden befeilt, auf Hochglanz poliert und ausgemessen.

Alsdann wurden die Versuchsobjekte in Alkohol geschwenkt, auf Fließpapier getrocknet, kurz durch die Flamme gezogen und

für 48 Stunden in den Exsiccator gebracht. Diese Arbeiten fanden mit Hilfe einer Quarzglaspinzette statt, einmal um die Oberfläche nicht zu zerschrammen, zum anderen um das Werkstück nicht dem Kontakt anderer Metalle auszusetzen. Danach wurden die Objekte bis auf die vierte Dezimale genau ausgewogen und sofort folgenden sieben Elektrolyten ausgesetzt:

1) 0,25% Kochsalzlösung

2) 1% Natriumsulfidlösung

3) 1% Milchsäurelösung

4) 1% Essigsäurelösung

5) Gemisch von 1% Milchsäurelösung und 0,25% Kochsalzlösung

6) künstlicher Speichel: Kaliumchlorid 0,24
Natriumphosphat . . . 0,20
Kochsalz 0,15
Calciumchlorid . . . 0,15
in 50 ccm Wasser gelöst,
die Lösung mit Kohlensäure gesättigt, mit 50 ccm Wasser verdünnt, mit 25 ccm Natriumsulfatlösung versetzt

7) natürlicher Speichel, der täglich erneuert wurde.

Einmal waren Goldamalgam, Silberamalgam, Kupferamalgam und Wiga den 7 angeführten Elektrolyten allein ausgesetzt, sodann Goldamalgam, Silberamalgam, Kupferamalgam, Wiga und Goldblech in Kontakt untereinander, wobei das Milchsäure-Kochsalzgemisch als Elektrolyt diente.

Die Reagenzgläser mit den Probestücken verblieben für 30 Tage im Brutschrank bei einer Temperatur von 37 Grad. Alle 2 Tage fand eine Beobachtung der Objekte und der Elektrolyten bezüglich der Verfärbung und des Aussehens statt. Nach Ablauf der Zeit wurden die Probestücke den Elektrolyten entnommen, mit aqu. dest. abgespült, in Alkohol geschwenkt, auf

Fließpapier getrocknet, durch die Flamme gezogen und in den Exsiccator gebracht. Nach 48 Stunden wurden sie wieder bis auf die vierte Dezimale genau gewogen und so der Gewichtsverlust zahlenmäßig ermittelt. Da die Größe der Korrosion abhängig ist von der Größe der eingetauchten Oberfläche, wurden die ermittelten Gewichtsverluste umgerechnet auf ein cm^2 Oberfläche. Damit ergaben sich Bilder, wie sie die Tabellen I und II wiedergeben.

Wie aus Tabelle I ersichtlich, korrodieren Silber- und Goldamalgam fast gleich stark. Der höchste Gewichtsverlust für Silberamalgam trat mit 2,25 mg/cm^2 eingetauchter Oberfläche in 1%iger Milchsäure in Erscheinung, bei Goldamalgam mit dem Wert 2,12 mg/cm^2 im Gemisch von 1%iger Milchsäure und 0,25%iger Kochsalzlösung. Übereinstimmend ist bei beiden Amalgamen der Gewichtsverlust von 0,11 mg/cm^2 in 1%iger Natriumsulfidlösung. Bei den übrigen Elektrolyten ist der Unterschied in den Korrosionswerten ein verhältnismäßig sehr geringer, sodaß, zumal auch die Farbveränderungen in fast gleicher Art in Erscheinung traten, Silber- und Goldamalgam als praktisch gleich bezeichnet werden kann. Die Gewichtszunahmen z. B. von 0,24 mg/cm^2 bei 1%iger Essigsäure erklären sich so, daß das Metall mit dem Elektrolyten Verbindungen eingegangen sein muß, deren Produkte sich mehr oder minder leicht sichtbar und entfernbar auf dem Objekt niedergeschlagen haben.

Ein anderes Bild ergaben die Kontaktversuche; bei ihnen zeigte sich das Silberamalgam dem Goldamalgam überlegen. Die Gewichtsverluste des Silberamalgams waren ungefähr um $^1/_3$ geringer als die des Goldamalgams, bis auf den Kontaktversuch mit Goldblech. Im Kontakt mit Kupferamalgam erreichte die Korrosion ihren höchsten Wert, wobei Silberamalgam den nicht unerheblichen Gewichtsverlust von 4,95 mg/cm^2 und Goldamalgam sogar von 8,57 mg/cm^2 aufwiesen. Dahingegen trat in beiden Fällen bei Kupferamalgam eine Gewichtszunahme ein. Eine Erklärung für diesen Vorgang ist die Tatsache, daß das während der Versuchsdauer zum Teil in Lösung gegangene

edlere Metall durch das unedlere ausgefällt wird, sich auf diesem in metallischer Form niederschlägt und dadurch den Gewichtsverlust des unedleren überdeckt.

Bei den Kontaktversuchen ist auch die Farbbeständigkeit beider Edelamalgame fast gleich gut. So verhältnismäßig gering die Veränderungen in der Farbe an und für sich schon sind, unterscheidet sich Silberamalgam nur durch ein etwas blinderes Aussehen von Goldamalgam.

Das Kupferamalgam ist bezüglich seiner Gewichtsveränderung als gut zu bewerten, da sein höchster Wert an Korrosion mit 1,46 mg/cm² im Milchsäure-Kochsalzgemisch relativ gering war; doch ist es in seinem Wechsel von grauvioletter bis fast schwarzer Verfärbung absolut nicht farbbeständig, eine Tatsache, die ja bei Füllungen am Patienten in Erscheinung tritt. Auch bei den Kontaktversuchen verfärbte es sich dunkelgrau bis schwarz. Hierbei zeigten die Versuchsstücke bis auf den Versuch mit Goldblech, wobei ein Gewichtsverlust von 2,46 mg/cm² eintrat, eine Gewichtszunahme.

Von den untersuchten Metallen korrodierte „Wiga" am stärksten. Seinen höchsten Wert an Korrosion erreichte es im Milchsäure-Kochsalzgemisch mit 2,74 mg/cm² und seinen niedrigsten Wert im künstlichen Speichel mit 0,04 mg/cm² Gewichtsabnahme. Das Metall wechselte von grauem und dunkelgrauem bis zu solchem Aussehen, bei dem große graue und schwarze Flecke und blasige Auflockerungen in den Vordergrund traten, während der Elektrolyt klar oder durch Niederschlag leicht getrübt war. Ein wesentlich günstigeres Bild für Wiga ergibt sich bei den Kontaktversuchen. Wie aus Tabelle II erkennbar, hat sich gezeigt, daß es im Kontakt mit Gold-, Silber- und Kupferamalgam geringere Korrosionsverluste als jedes von den anderen aufweist. Dagegen war jedes der Wigaversuchsstücke grau oder fleckig verfärbt; eine Beobachtung, die auch durch die am Patienten hergestellten Wigafüllungen bestätigt wurde.

Eine weitere Aufgabe der Untersuchung bestand, wie oben angeführt, darin, die Volumenbeständigkeit dieser Füllmaterialien zu prüfen. Im Laufe der letzten Jahrzehnte hat die Methode eine entschiedene Wandlung erfahren. Während man früher überhaupt nur den Randschluß der Füllungen mikroskopisch beobachtete, versuchte man später dadurch Vergleichswerte zu erhalten, daß man mit Hilfe des Blackschen Amalgammikrometers die Volumenschwankungen des Amalgams mittels Hebels auf eine Skala übertrug, wobei das zu untersuchende Werkstück zwischen einen fixierten und einen beweglichen Punkt, eben den Hebel, eingespannt war. Dieser und ähnliche Apparate hatten den Nachteil, daß das Amalgam jeweils erst nach dem Erhärten gemessen werden konnte. Dahingegen erlaubt die in dieser Arbeit stattgefundene Anwendung mikroskopischer Untersuchung in Verbindung mit einem Zeiß-Mikrometer die Beobachtung des Werkstücks sofort nach seiner Fertigstellung, also schon zu einer Zeit, in der das Material noch plastisch ist und wegen seiner Schwankungen besonders interessiert. Dieser Methode bediente sich früher schon Hedström. Auf einen Objekttisch gespannt ist ein durch eine wagerecht angebrachte Mikrometerschraube verschiebbarer und drehbarer zweiter Objekttisch. Bei einer Umdrehung des auf der Mikrometerspindel aufsitzenden Rades wird der Tisch um $^1/_5$ mm bewegt. Durch die Unterteilung des Radkranzes in 100 Teile läßt sich das Objekt also um $^1/_{500}$ mm verschieben. Ein weiterhin an der Seite angebrachter Nonius gestattet demnach eine Ablesung von $^1/_{5000}$ mm. Im Okular des Mikroskopes befindet sich ein Fadenkreuz, durch das die beiden zu beobachtenden Punkte des Objektes genau fixiert werden.

Die zur Untersuchung gekommenen Stücke von der Form kleiner Rechtecke wurden mit einem eigens dazu hergestellten Apparat angefertigt. Durch einen Eisenblock ging eine Aussparung von den Maßen des Objektes, in die hinein ein Stempel von genau der gleichen Abmessung führte. Mittels Hebelübertragung war es möglich, den Stempel stets gleich zu belasten.

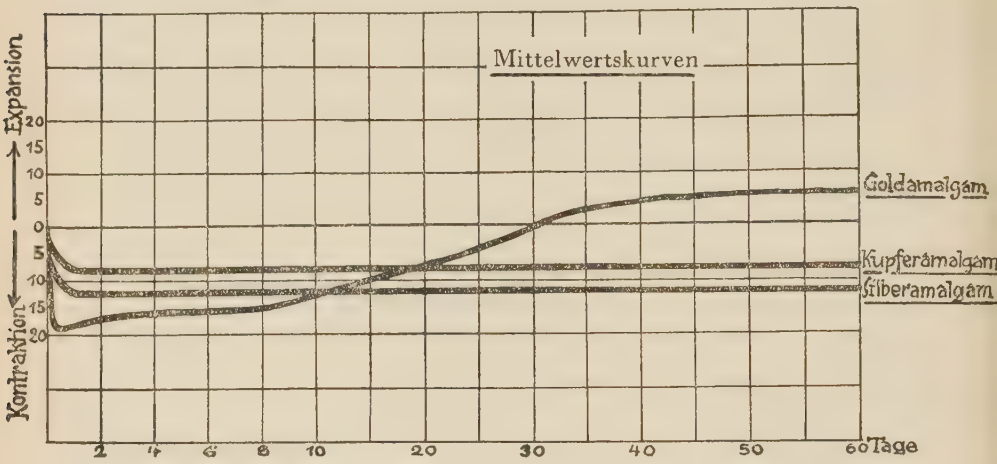
Unter dem Eisenblock befand sich eine durch Anschlag fixierte, ausziehbare Platte, die an genau derselben Stelle wie der Eisenblock eine ebenso große Aussparung wie dieser enthielt. War nun das Amalgam in diese Öffnung gestopft, anrotiert und durch den Stempel belastet worden, so bekam man durch Herausziehen der unteren Platte genau gleiche, scharfgeschnittene Versuchsstücke, die sich wiederum mit dem Stempel leicht aus ihrer Form entfernen ließen. Sie kamen auf ein Objektglas zu liegen und wurden dann unter dem Mikroskop beobachtet.

Bei der Herstellung der Probestücke wurde peinlichst auf das jeweils von der Herstellerfirma angegebene Mischungsverhältnis von Quecksilber zu Feilung geachtet, das zwischen 3 : 4 und 4,5 : 5 schwankte. Zum Abwiegen der Mengen wurde eine Analysenwage benutzt. In jedem Falle wurde das Amalgam unter starkem Druck 3 Minuten lang im Mörser angerührt.

Die Messungen fanden bei Zimmertemperatur statt, die möglichst konstant gehalten wurde und etwa nur um 3 Grad variierte. Um bei diesen nicht ganz zu vermeidenden kleinen Temperaturschwankungen eine hierdurch bedingte Ausdehnung und Volumenschwankung der Probestücke auf ein Mindestmaß zu reduzieren und bedenkenlos außer Acht lassen zu können, wurden die Objekte in den kleinen Maßen $5 \times 3 \times 1$ mm gehalten.

Untersucht wurden 4 der gebräuchlichsten Goldamalgame, ebenso viel verschiedene Silberamalgame und 2 Kupferamalgame. Schon 20 Minuten nach Beginn der Amalgamation erfolgte jedesmal die erste Messung unter dem Mikroskop, dann in Zwischenräumen von einer halben Stunde, von ganzen Stunden, schließlich von Tagen, später in Abständen von 5 Tagen bis zu 2 Monaten. Die jedesmal festgestellten Veränderungen eines Amalgamobjektes wurden notiert und in einer Kurve graphisch festgehalten. Dabei sahen sich die Kurven der Goldamalgame, die der Silberamalgame und die der Kupferamalgame untereinander ähnlich, sodaß die Idee nahe lag, die Güte dieser 3 typischen Amalgame durch

Mittelwertskurven festzuhalten, um eine bessere Übersicht zu gewinnen. Wiedergegeben ist dies in nachstehender Abbildung:



Die Werte bedeuten $^1/_{1000}$ mm Veränderung bei 1 cm Länge des Objektes.

Bevor die Kurven auf dem Nullpunkt ihren Anfang nehmen, d. h. also bevor die erste Messung der Amalgamobjekte stattfand, waren nur 20 Minuten seit Beginn der Amalgamation vergangen, mit der Praxis verglichen ein Zeitraum, der ungefähr zum Anrühren und zum Aufbau einer schwierigen Füllung benötigt wird. Die Kurven geben nun die Volumenveränderung nicht nur während der ersten 24 oder 48 Stunden, wie es so oft schon geschehen ist, sondern während der ersten 2 Monate an, da — wie die Abbildung zeigt — keineswegs alle Amalgame nach 48 Stunden volumenkonstant bleiben. Beträchtlichen Schwankungen ist das Goldamalgam unterworfen, das damit am wenigsten beständig ist. Nach anfänglicher starker Kontraktion am ersten Tage tritt eine Expansion ein, die z. T. bis zu 2 Monaten anhält und dabei die Nullinie, also das ursprüngliche Volumen übersteigt; diese Erscheinung ist dem Praktiker als das „Quellen" der Füllungen bekannt. Wesentlich günstigere Bilder geben das Silber- und Kupferamalgam. Sehr ähnlich der Kurve des Kupferamalgams, das die geringste Kontraktion aufweist, verläuft die des Silber-

amalgams, das ebenfalls schon nach einem Tage zur Ruhe gekommen ist und fortan konstant bleibt.

Zum Schluß noch einige Worte über die Härte der Amalgame. Hierüber ist gerade in letzter Zeit viel und ausführlich geschrieben worden. Fenchel wies mit seinen Arbeiten nach, daß im Munde niemals höhere Drucke auftreten als 3 kg/mm². Nach einer anderen Methode errechnete Loebich eine Härte von 7 kg/mm², die ein Amalgam besitzen muß, um den Beanspruchungen beim Kauen genügend Widerstand leisten zu können. Wie dem auch sei, in jedem Falle besitzen die heute verwendeten Amalgame, deren Härte während der Erstarrung auf 40 kg/mm² und mehr steigt, gegen die höchstmöglichen Druckbeanspruchungen im Munde eine vielfache Sicherheit.

Zusammenfassung.

1. Es darf als genügend erwiesen angesehen werden, daß eine Toxizität der Edelamalgame bei sachgemäßer Verarbeitung, d. h. vor allem bei optimaler Dosierung, nicht besteht. Allein gegen die Verwendung des Kupferamalgams ergeben sich wegen der Abgabe von freiem Quecksilber und damit verbundener dauernder Änderung der Oberflächenzusammensetzung, die ihrerseits wieder korrosionsfördernd wirkt, gewisse Bedenken.

2. Durch die Kontaktversuche ist erwiesen worden, daß das Silberamalgam bezüglich der Korrosion jedem anderen überlegen ist.

3. Bei der mikroskopischen Untersuchung, deren besonderer Wert in der Länge der Beobachtungsdauer liegt, hat sich herausgestellt, daß die Volumenbeständigkeit bei Kupferamalgam am besten ist. Durch die Abgabe des Quecksilbers ist es jedoch wenig resistent, sodaß Füllungen trotz vorhandenen Randschlusses ausgewaschen erscheinen. Ihm am nächsten in der Volumenbeständigkeit steht das Silberamalgam, das nur leichte Kon-

traktion zeigt. Das Goldamalgam läßt nach anfänglicher größerer Kontraktion nach einiger Zeit einsetzende Expansion zur Beobachtung kommen, klinisch erkennbar am Quellen der Füllungen.

4. So hat sich gezeigt, daß man heute in der Lage ist, ein Silberamalgam herzustellen, das im Hinblick auf Volumenbeständigkeit, Korrosion und Toxizität die anderen Amalgame an Qualität übertrifft und den Anforderungen des Praktikers auch in Bezug auf die Verarbeitung genügt.

Doch sollen deswegen die Bemühungen nicht aufhören, noch korrosionsfreiere und noch volumenbeständigere Amalgame zu schaffen, als die, die uns heute zur Verfügung stehen.

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. H. Heinroth, für Überlassung dieser Arbeit meinen aufrichtigen Dank auszusprechen, ist mir eine angenehme Pflicht.

Tabelle I

		Silberamalgam	Goldamalgam	Kupferamalgam	Wiga
0,25 % Na Cl	G	+ 0,13	— 0,08	+ 1,37	— 1,21
	M	blank, schwach Anlauffarben	matt. schwach Anlauffarben	violett verfärbt, grau gesprenkelt	grau verfärbt, stark korrodiert
	E	klar	klar	schwach. weißer Niederschlag	schwach. weißer Niederschlag
1 % Na_2 S	G	— 0,11	— 0,11	— 0,64	— 1,06
	M	dunkel verfärbt	grau, Anlauffarben	grau verfärbt schwarz gesprenkelt	blank, eine Seite blasig aufgelockert
	E	klar	gelblich, klar	bräunlich, schwarze Schuppen	gelb, klar
1 % Milchsäure	G	— 2,25	— 1,62	— 1,31	— 1,91
	M	blind	matt	blank, dunkel	dunkel Anlauffarben netzförmig blind
	E	gelblicher Bodensatz	gelber Bodensatz	hellblau, klar	schwach trübe
1 % Essigsäure	G	+ 0,24	+ 0,24	+ 0,13	— 1,05
	M	Anlauffarb., kl. gelbe Flecke	blaugrau verfärbt	grau verfärbt, glitzernd	Anlauffarben, eine Seite blasig, aufgelockert
	E	weißer Bodensatz	klar	klar	schwach trübe
0,25 % Na Cl. + 1 % Milchsäure	G	— 1,79	— 2,12	— 1,46	— 2,74
	M	blind	blind	rostbraun verfärbt	dunkelgrau, große graue und schwarze Flecke
	E	gelber Bodensatz	gelber Bodensatz	grün, klar	klar
künstl. Speichel	G	+ 0,04	+ 0,29	+ 0,18	+ 4,35
	M	blank, leicht gelbl. verfärbt	matt	schwarz und violett verfärbt	sehr stark korrodiert
	E	weißer Niederschlag	weißer Niederschlag	hellblauer Niederschlag	weißer Niederschlag
natürl. Speichel	G	— 0,30	+ 0,11	— 1,05	— 0,04
	M	dunkelbraun, Anlauffarben	matt	dunkelgrau mit schwarzen und braunen Flecken	eine Seite unverändert, andere stark aufgelockert
	E				

G mit — Zeichen = Gewichtsabnahme, mit + Zeichen = Gewichtszunahme in mg/cm² Oberfläche. M = Aussehen des Metalls. E = Aussehen der Elektrolyten nach 30tägiger Versuchsdauer.

Tabelle II

		Silberamalgam	Goldamalgam	Kupferamalgam	Wiga	Gold
In Kontakt mit Silberamalgam	G		— 1,64	+ 2,60	— 0,29	+ 0,09
	M		blind, Kontaktfläche Anlauffarben	blaugrau	blank mit netzförmig blindem Muster	blank, silbern, Ktfläche schwarzgrau
	E		gelber Bodensatz	gelber Bodensatz	klar	gelber Bodensatz
Goldamalgam	G	— 1,09		+ 5,75	— 0,59	+ 0,14
	M	fleckig blind, Kontaktfläche matter Fleck		grau	dunkelgrau, große schwarze u. graue Flecke	matt, Anlauffarben, Kontaktfl. dunkelgrau
	E	gelber Bodensatz		gelber Bodensatz	klar	gelber Bodensatz
Kupferamalgam	G	— 4,95	— 8,57		— 3,80	—
	M	schwarzgrau, Kontaktfläche heller	schwarz, Kontaktfläche heller Fleck		grau	unverändert
	E	gelber Bodensatz	gelber Bodensatz		weißer Bodensatz	hellgrün, klar
Wiga	G	— 0,73	— 1,07	+ 1,89		— 0,35
	M	matt	matte Flecken	hellgrau		bräunlich angelaufen, Kontfl. graue Flecke
	E	klar	klar	weißer Bodensatz		klar
Gold	G	— 2,64	— 1,87	— 2,46	— 1,04	
	M	matt, Anlauffarben	matt	schwarzgrau	dunkel, besonders am Rande gesprenkelt	
	E	gelber Bodensatz	gelber Bodensatz	hellgrün, klar	klar	

G mit — Zeichen = Gewichtsabnahme
mit + Zeichen = Gewichtszunahme
in mg/cm² Oberfläche

M = Aussehen des Metalls

E = Aussehen des Elektrolyten

} nach 30tägiger Versuchsdauer.

Lebenslauf

Ich, Eberhard Eichler, wurde am 15. April 1908 als Sohn des Landgerichtsrates Dr. Hermann Eichler in Guben geboren. Ich besuchte von 1914 an die Vorschule und das humanistische Gymnasium meiner Vaterstadt und legte am 21. Februar 1928 mein Abiturientenexamen ab. Mit dem Sommersemester 1929 begann ich in Berlin mein zahnärztliches Studium. Seit dem Wintersemester 1929 studierte ich ununterbrochen in Halle, wo ich am 6. August 1931 die zahnärztliche Vorprüfung und am 15. Mai 1933 das zahnärztliche Staatsexamen bestand.

Literaturangabe

Brauer, Die Korrosion und ihre Erscheinungsformen an sogenannten Goldersatzmetallen in der Zahnheilkunde. Diss. Halle 1933.

Borinski, Die Herkunft des Quecksilbers in den Ausscheidungen. Zahnärztliche Rdsch. 1931 Nr. 6.

Fenchel, Metallkunde 1911.

Fenchel, Amalgame, Untersuchungs-, Verarbeitungs- und Herstellungsmethoden, 1920.

Fenchel, Der Silbergehalt der Amalgame. Zahnärztl. Rdsch.1931 Nr. 3.

Feiler, Die Wigaschmelzmetallfüllung, eine neue Füllmethode. Zahnärztl. Rdsch. 1934 Nr. 7.

Hedström, (Stockholm) Apparate und Methoden zur Untersuchung der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Amalgame. Deutsche Mon. Schr. f. Zahnhlkde. 1902.

Hitschcock, (Boston). Deutsche Vierteljahresschrift für Zahnhlkde. 1875.

Loebich, Welche Festigkeit muß eine Amalgamfüllung haben? Zahnärztl. Rdsch. 1931 Nr. 50.

Misch, Zahnärztlich-soziale Hygiene, Fortschr. d. Zahnhlkde 1931, Band 7, Teil 2.

Schoenbeck, Amalgame. Fortschr. d. Zahnhlkde. 1927, Band 3 Teil 1.

Schoenbeck, Kurzer Leitfaden der zahnärztlichen Metallkunde. 1931,

Sterner-Rainer, Edelmetallegierungen und Amalgame im Dienste der Zahnheilkunde, 1930.

Wannenmacher, Untersuchungen über Zinn- Silberamalgame. Deutsche zahnärztl. W.-Schr, 1929, Nr. 8.